

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2003年 2月19日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2003-041334

[ST.10/C]:

[JP2003-041334]

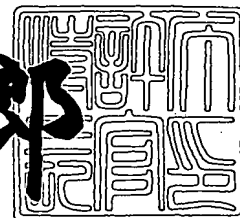
出 願 人  
Applicant(s):

大日本スクリーン製造株式会社

2003年 4月25日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3030567

【書類名】 特許願

【整理番号】 P15-1721

【提出日】 平成15年 2月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/26

【発明者】

    【住所又は居所】 京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の  
                            1 大日本スクリーン製造株式会社内

    【氏名】 楠田 達文

【発明者】

    【住所又は居所】 京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の  
                            1 大日本スクリーン製造株式会社内

    【氏名】 幾見 優子

【特許出願人】

    【識別番号】 000207551

    【氏名又は名称】 大日本スクリーン製造株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100089233

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 吉田 茂明

【選任した代理人】

    【識別番号】 100088672

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 吉竹 英俊

【選任した代理人】

    【識別番号】 100088845

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 有田 貴弘

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-208300

【出願日】 平成14年 7月17日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012852

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9005666

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 熱処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板に対して閃光を照射することによって該基板を加熱する熱処理装置であって、

フラッシュランプを有する光源と、

基板を保持する保持手段と、

前記光源から前記保持手段に保持された基板に向けて光を出射するときに、前記フラッシュランプから出射される光の強度を計測する光強度計測手段と、

前記光強度計測手段による計測結果に基づいて、前記フラッシュランプの発光状態を検出する発光状態検出手段と、

を備えることを特徴とする熱処理装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の熱処理装置において、

前記保持手段に保持された基板への照射状態が所定の基準を満足するときの前記フラッシュランプから出射される光の強度を標準発光強度とし、

前記発光状態検出手段は、前記光強度計測手段による計測結果と前記標準発光強度とを比較して前記フラッシュランプの発光状態を検出することを特徴とする熱処理装置。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載の熱処理装置において、

前記フラッシュランプは長尺の円筒形状を有する棒状ランプであり、

前記光強度計測手段は、前記フラッシュランプの両端部を含む複数箇所から出射される光の強度を計測することを特徴とする熱処理装置。

【請求項 4】 請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の熱処理装置において、

前記光源は、複数のフラッシュランプを有し、

前記光強度計測手段は、前記複数のフラッシュランプのそれぞれから出射される光の強度を計測し、

前記発光状態検出手段は、前記複数のフラッシュランプのそれぞれの発光状態を検出することを特徴とする熱処理装置。

【請求項 5】 請求項 4 記載の熱処理装置において、

前記発光状態検出手段によって検出された前記複数のフラッシュランプのそれぞれの発光状態のうち少なくとも一部に所定の基準を満足しないものが生じたときに所定の異常対応処理を行う異常対応手段をさらに備えることを特徴とする熱処理装置。

【請求項 6】 請求項 4 または請求項 5 に記載の熱処理装置において、

前記発光状態検出手段は、処理対象となる基板に光照射を行うごとに、前記複数のフラッシュランプのそれぞれの発光状態を検出することを特徴とする熱処理装置。

【請求項 7】 請求項 4 から請求項 6 のいずれかに記載の熱処理装置において、

前記光強度計測手段は、前記複数のフラッシュランプのそれぞれから出射される光を導く複数の光ファイバーと、前記複数の光ファイバーによって導かれた光を受光する単一の受光素子とを含むことを特徴とする熱処理装置。

【請求項 8】 基板に対して光を照射することによって該基板を加熱する熱処理装置であって、

複数のランプを有する光源と、

基板を保持する保持手段と、

前記複数のランプのそれぞれにおける複数箇所から出射される光の強度を計測する光強度計測手段と、

前記光強度計測手段による計測結果に基づいて、前記複数のランプのそれぞれの発光状態を検出する発光状態検出手段と、  
を備えることを特徴とする熱処理装置。

【請求項 9】 請求項 8 記載の熱処理装置において、

前記保持手段に保持された基板への照射状態が所定の基準を満足するときの前記複数のランプのそれぞれから出射される光の強度を標準発光強度とし、

前記発光状態検出手段は、前記光強度計測手段による計測結果と前記標準発光強度とを比較して前記複数のランプのそれぞれの発光状態を検出することを特徴とする熱処理装置。

【請求項 1 0】 請求項 8 または請求項 9 に記載の熱処理装置において、  
前記発光状態検出手段によって検出された前記複数のランプのそれぞれの発光状態のうち少なくとも一部に所定の基準を満足しないものが生じたときに所定の異常対応処理を行う異常対応手段をさらに備えることを特徴とする熱処理装置。

【請求項 1 1】 請求項 8 から請求項 1 0 のいずれかに記載の熱処理装置において、

前記光強度計測手段は、前記複数のランプのそれぞれから出射される光を導く複数の光ファイバーと、前記複数の光ファイバーによって導かれた光を受光する単一の受光素子とを含むことを特徴とする熱処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

この発明は、半導体ウェハーやガラス基板等（以下、単に「基板」と称する）に光を照射することにより基板を熱処理する熱処理装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来より、イオン注入後の半導体ウェハーのイオン活性化工程においては、ハロゲンランプを使用したランプアニール装置等の熱処理装置が使用されている。このような熱処理装置においては、半導体ウェハーを、例えば、1 0 0 0℃ないし 1 1 0 0℃程度の温度に加熱（アニール）することにより、半導体ウェハーのイオン活性化を実行している。そして、このような熱処理装置においては、ハロゲンランプより照射される光のエネルギーを利用することにより、毎秒数百度程度の速度で基板を昇温する構成となっている。また、このような光照射を利用した熱処理装置には、光センサによってランプの劣化を監視しているものもある（例えば、特許文献 1 参照）。

【0 0 0 3】

しかしながら、毎秒数百度程度の速度で基板を昇温する熱処理装置を使用して半導体ウェハーのイオン活性化を実行した場合においても、半導体ウェハーに打ち込まれたイオンのプロファイルがなまる、すなわち、熱によりイオンが拡散し

てしまうという現象が生ずることが判明した。このような現象が発生した場合においては、半導体ウェハーの表面にイオンを高濃度で注入しても、注入後のイオンが拡散してしまうことから、イオンを必要以上に注入しなければならないという問題が生じていた。

【 0 0 0 4 】

上述した問題を解決するため、キセノンフラッシュランプ等を使用して半導体ウェハーの表面に閃光を照射することにより、イオンが注入された半導体ウェハーの表面のみを極めて短時間（数ミリセカンド以下）に昇温させる技術が提案されている（例えば、特許文献 2，3 参照）。キセノンフラッシュランプによる極短時間の昇温であれば、イオンが拡散するための十分な時間がないため、半導体ウェハーに打ち込まれたイオンのプロファイルをなまらせることなく、イオン活性化のみを実行することができるのである。

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】

特開平 1 1 - 1 3 5 4 4 9 号公報

【特許文献 2】

特開昭 5 9 - 1 6 9 1 2 5 号公報

【特許文献 3】

特開昭 6 3 - 1 6 6 2 1 9 号公報

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、このようなキセノンフラッシュランプを複数配列したランプユニットの管理を全く行わないと、それらのうちの 1 本が劣化を起こしたとしてもランプシステムの全体としてそれを検出することができず、劣化したランプ直下の光量が低下したまま半導体ウェハーの処理が続行されることとなる。その結果、面内の一部に処理異常が生じている半導体ウェハーが多量に生産されるという問題が生じることとなる。

【 0 0 0 7 】

このため、キセノンフラッシュランプの管理が重要となるのであるが、キセノ

ンフラッシュランプは電荷蓄積したコンデンサのエネルギーを一瞬で放電して閃光を放つものであるため、制御という概念が無く、ランプ管理自体が非常に困難であり、その手法が問題となっていた。

## 【 0 0 0 8 】

キセノンフラッシュランプの管理手法として従来より多く用いられてきたのが処理済のウェハーを定期的にサンプリングして検査する間接管理方法である。具体的には、数ロットに1枚程度の処理済ウェハーを抜き出して表面のシート抵抗を計測することによって適切な熱処理がなされたか否かを検査するのである。しかしながら、この手法では、検査の結果異常が認められたとしても、検査間に処理された多くの半導体ウェハーにも処理異常が生じている可能性が高く、リスクが大きい。

## 【 0 0 0 9 】

また、閃光照射時の電流特性を監視することによってフラッシュランプの異常を検出するという手法も提案されている。しかし、フラッシュランプの劣化の要因には、電極のスパッタに起因したガラス管の黒化など種々のものがあり、電流特性を監視してもこのような現象によるフラッシュランプの劣化までは検知することができない。

## 【 0 0 1 0 】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、ランプの劣化を確実にかつ簡便に検出することができる熱処理装置を提供することを目的とする。

## 【 0 0 1 1 】

## 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、請求項1の発明は、基板に対して閃光を照射することによって該基板を加熱する熱処理装置において、フラッシュランプを有する光源と、基板を保持する保持手段と、前記光源から前記保持手段に保持された基板に向けて光を出射するときに、前記フラッシュランプから出射される光の強度を計測する光強度計測手段と、前記光強度計測手段による計測結果に基づいて、前記フラッシュランプの発光状態を検出する発光状態検出手段と、を備える。

## 【 0 0 1 2 】



また、請求項 2 の発明は、請求項 1 の発明にかかる熱処理装置において、前記保持手段に保持された基板への照射状態が所定の基準を満足するときの前記フラッシュランプから出射される光の強度を標準発光強度とし、前記発光状態検出手段に、前記光強度計測手段による計測結果と前記標準発光強度とを比較して前記フラッシュランプの発光状態を検出させている。

## 【 0 0 1 3 】

また、請求項 3 の発明は、請求項 1 または請求項 2 の発明にかかる熱処理装置において、前記フラッシュランプを長尺の円筒形状を有する棒状ランプとし、前記光強度計測手段に、前記フラッシュランプの両端部を含む複数箇所から出射される光の強度を計測させている。

## 【 0 0 1 4 】

また、請求項 4 の発明は、請求項 1 から請求項 3 のいずれかの発明にかかる熱処理装置において、前記光源に複数のフラッシュランプを有させ、前記光強度計測手段に、前記複数のフラッシュランプのそれぞれから出射される光の強度を計測させ、前記発光状態検出手段に、前記複数のフラッシュランプのそれぞれの発光状態を検出させている。

## 【 0 0 1 5 】

また、請求項 5 の発明は、請求項 4 の発明にかかる熱処理装置において、前記発光状態検出手段によって検出された前記複数のフラッシュランプのそれぞれの発光状態のうち少なくとも一部に所定の基準を満足しないものが生じたときに所定の異常対応処理を行う異常対応手段をさらに備える。

## 【 0 0 1 6 】

また、請求項 6 の発明は、請求項 4 または請求項 5 の発明にかかる熱処理装置において、前記発光状態検出手段に、処理対象となる基板に光照射を行うごとに、前記複数のフラッシュランプのそれぞれの発光状態を検出させている。

## 【 0 0 1 7 】

また、請求項 7 の発明は、請求項 4 から請求項 6 のいずれかの発明にかかる熱処理装置において、前記光強度計測手段に、前記複数のフラッシュランプのそれぞれから出射される光を導く複数の光ファイバーと、前記複数の光ファイバーに

よって導かれた光を受光する単一の受光素子とを含ませている。

【 0 0 1 8 】

また、請求項 8 の発明は、基板に対して光を照射することによって該基板を加熱する熱処理装置において、複数のランプを有する光源と、基板を保持する保持手段と、前記複数のランプのそれぞれにおける複数箇所から出射される光の強度を計測する光強度計測手段と、前記光強度計測手段による計測結果に基づいて、前記複数のランプのそれぞれの発光状態を検出する発光状態検出手段と、を備える。

【 0 0 1 9 】

また、請求項 9 の発明は、請求項 8 の発明にかかる熱処理装置において、前記保持手段に保持された基板への照射状態が所定の基準を満足するときの前記複数のランプのそれぞれから出射される光の強度を標準発光強度とし、前記発光状態検出手段に、前記光強度計測手段による計測結果と前記標準発光強度とを比較して前記複数のランプのそれぞれの発光状態を検出させている。

【 0 0 2 0 】

また、請求項 1 0 の発明は、請求項 8 または請求項 9 の発明にかかる熱処理装置において、前記発光状態検出手段によって検出された前記複数のランプのそれぞれの発光状態のうち少なくとも一部に所定の基準を満足しないものが生じたときに所定の異常対応処理を行う異常対応手段をさらに備える。

【 0 0 2 1 】

また、請求項 1 1 の発明は、請求項 8 から請求項 1 0 のいずれかの発明にかかる熱処理装置において、前記光強度計測手段に、前記複数のランプのそれぞれから出射される光を導く複数の光ファイバーと、前記複数の光ファイバーによって導かれた光を受光する単一の受光素子とを含ませている。

【 0 0 2 2 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【 0 0 2 3 】

< 1. 熱処理装置の全体構成 >

図 1 および図 2 は本発明にかかる熱処理装置の構成を示す側断面図である。この熱処理装置は、キセノンフラッシュランプからの閃光によって半導体ウェハー等の基板の熱処理を行う装置である。

## 【 0 0 2 4 】

この熱処理装置は、透光板 6 1、底板 6 2 および一対の側板 6 3、6 4 からなり、その内部に半導体ウェハー W を収納して熱処理するためのチャンバー 6 5 を備える。チャンバー 6 5 の上部を構成する透光板 6 1 は、例えば、石英等の赤外線透過性を有する材料から構成されており、光源 5 から出射された光を透過してチャンバー 6 5 内に導くチャンバー窓として機能している。また、チャンバー 6 5 を構成する底板 6 2 には、後述する熱拡散板 7 3 および加熱プレート 7 4 を貫通して半導体ウェハー W をその下面から支持するための支持ピン 7 0 が立設されている。

## 【 0 0 2 5 】

また、チャンバー 6 5 を構成する側板 6 4 には、半導体ウェハー W の搬入および搬出を行うための開口部 6 6 が形成されている。開口部 6 6 は、軸 6 7 を中心に回転するゲートバルブ 6 8 により開閉可能となっている。半導体ウェハー W は、開口部 6 6 が解放された状態で、図示しない搬送ロボットによりチャンバー 6 5 内に搬入される。また、チャンバー 6 5 内にて半導体ウェハー W の熱処理が行われるときには、ゲートバルブ 6 8 により開口部 6 6 が閉鎖される。

## 【 0 0 2 6 】

チャンバー 6 5 は光源 5 の下方に設けられている。光源 5 は、複数（本実施形態においては 2 7 本）のキセノンフラッシュランプ 6 9（以下、単に「フラッシュランプ 6 9」とも称する）と、リフレクタ 7 1 とを備える。複数のフラッシュランプ 6 9 は、それぞれが長尺の円筒形状を有する棒状ランプであり、それぞれの長手方向が水平方向に沿うようにして互いに平行に列設されている。リフレクタ 7 1 は、複数のフラッシュランプ 6 9 の上方にそれらの全体を被うように配設されている。

## 【 0 0 2 7 】

このキセノンフラッシュランプ 6 9 は、その内部にキセノンガスが封入されそ

の両端部にコンデンサーに接続された陽極および陰極が配設されたガラス管と、該ガラス管の外局部に巻回されたトリガー電極とを備える。キセノンガスは電気的には絶縁体であることから、通常の状態ではガラス管内に電気は流れない。しかしながら、トリガー電極に高電圧を印加して絶縁を破壊した場合には、コンデンサーに蓄えられた電気がガラス管内に瞬時に流れ、そのときのジュール熱でキセノンガスが加熱されて光が放出される。このキセノンフラッシュランプ 6 9 においては、予め蓄えられていた静電エネルギーが 0. 1 ミリセカンドないし 1 0 ミリセカンドという極めて短い光パルスに変換されることから、連続点灯の光源に比べて極めて強い光を照射し得るという特徴を有する。本実施形態では、熱処理装置にフラッシュランプ 6 9 から出射される光の強度を計測する機構（図 1 および図 2 では図示の便宜上省略）を設けているのであるがそれについてはさらに後述する。

## 【 0 0 2 8 】

光源 5 と透光板 6 1 との間には、光拡散板 7 2 が配設されている。この光拡散板 7 2 は、赤外線透過材料としての石英ガラスの表面に光拡散加工を施したものが使用される。

## 【 0 0 2 9 】

フラッシュランプ 6 9 から放射された光の一部は直接に光拡散板 7 2 および透光板 6 1 を透過してチャンバー 6 5 内へと向かう。また、フラッシュランプ 6 9 から放射された光の他の一部は一旦リフレクタ 7 1 によって反射されてから光拡散板 7 2 および透光板 6 1 を透過してチャンバー 6 5 内へと向かう。

## 【 0 0 3 0 】

チャンバー 6 5 内には、加熱プレート 7 4 と熱拡散板 7 3 とが設けられている。熱拡散板 7 3 は加熱プレート 7 4 の上面に貼着されている。また、熱拡散板 7 3 の表面には、半導体ウェハー W の位置ずれ防止ピン 7 5 が付設されている。

## 【 0 0 3 1 】

加熱プレート 7 4 は、半導体ウェハー W を予備加熱（アシスト加熱）するためのものである。この加熱プレート 7 4 は、窒化アルミニウムにて構成され、その内部にヒータと該ヒータを制御するためのセンサとを収納した構成を有する。一

方、熱拡散板 73 は、加熱プレート 74 からの熱エネルギーを拡散して半導体ウェハー W を均一に予備加熱するためのものである。この熱拡散板 73 の材質としては、サファイア ( $Al_2O_3$ : 酸化アルミニウム) や石英等の比較的熱伝導率が小さいものが採用される。

#### 【0032】

熱拡散板 73 および加熱プレート 74 は、モータ 40 の駆動により、図 1 に示す半導体ウェハー W の搬入・搬出位置と図 2 に示す半導体ウェハー W の熱処理位置との間を昇降する構成となっている。

#### 【0033】

すなわち、加熱プレート 74 は、筒状体 41 を介して移動板 42 に連結されている。この移動板 42 は、チャンバー 65 の底板 62 に釣支されたガイド部材 43 により案内されて昇降可能となっている。また、ガイド部材 43 の下端部には、固定板 44 が固定されており、この固定板 44 の中央部にはボールネジ 45 を回転駆動するモータ 40 が配設されている。そして、このボールネジ 45 は、移動板 42 と連結部材 46、47 を介して連結されたナット 48 と螺合している。このため、熱拡散板 73 および加熱プレート 74 は、モータ 40 の駆動により、図 1 に示す半導体ウェハー W の搬入・搬出位置と図 2 に示す半導体ウェハー W の熱処理位置との間を昇降することができる。

#### 【0034】

図 1 に示す半導体ウェハー W の搬入・搬出位置は、図示しない搬送ロボットを使用して開口部 66 から搬入した半導体ウェハー W を支持ピン 70 上に載置し、あるいは、支持ピン 70 上に載置された半導体ウェハー W を開口部 66 から搬出することができるように、熱拡散板 73 および加熱プレート 74 が下降した位置である。この状態においては、支持ピン 70 の上端は、熱拡散板 73 および加熱プレート 74 に形成された貫通孔を通過し、熱拡散板 73 の表面より上方に突出する。

#### 【0035】

一方、図 2 に示す半導体ウェハー W の熱処理位置は、半導体ウェハー W に対して熱処理を行うために、熱拡散板 73 および加熱プレート 74 が支持ピン 70 の

上端より上方に上昇した位置である。熱拡散板 7 3 および加熱プレート 7 4 が図 1 の搬入・搬出位置から図 2 の熱処理位置に上昇する過程において、支持ピン 7 0 に載置された半導体ウェハ W は熱拡散板 7 3 によって受け取られ、その下面を熱拡散板 7 3 の表面に支持されて上昇し、チャンバー 6 5 内の透光板 6 1 に近接した位置に水平姿勢にて保持される。逆に、熱拡散板 7 3 および加熱プレート 7 4 が熱処理位置から搬入・搬出位置に下降する過程においては、熱拡散板 7 3 に支持された半導体ウェハ W は支持ピン 7 0 に受け渡される。

## 【 0 0 3 6 】

半導体ウェハ W を支持する熱拡散板 7 3 および加熱プレート 7 4 が熱処理位置に上昇した状態においては、それらに保持された半導体ウェハ W と光源 5 との間に透光板 6 1 が位置することとなる。なお、このときの熱拡散板 7 3 と光源 5 との間の距離についてはモータ 4 0 の回転量を制御することにより任意の値に調整することが可能である。

## 【 0 0 3 7 】

また、チャンバー 6 5 の底板 6 2 と移動板 4 2 との間には筒状体 4 1 の周囲を取り囲むようにしてチャンバー 6 5 を気密状態に維持するための伸縮自在の蛇腹 7 7 が配設されている。熱拡散板 7 3 および加熱プレート 7 4 が熱処理位置まで上昇したときには蛇腹 7 7 が収縮し、熱拡散板 7 3 および加熱プレート 7 4 が搬入・搬出位置まで下降したときには蛇腹 7 7 が伸長してチャンバー 6 5 内の雰囲気と外部雰囲気とを遮断する。

## 【 0 0 3 8 】

チャンバー 6 5 における開口部 6 6 と反対側の側板 6 3 には、開閉弁 8 0 に連通接続された導入路 7 8 が形成されている。この導入路 7 8 は、チャンバー 6 5 内に処理に必要なガス、例えば不活性な窒素ガスを導入するためのものである。一方、側板 6 4 における開口部 6 6 には、開閉弁 8 1 に連通接続された排出路 7 9 が形成されている。この排出路 7 9 は、チャンバー 6 5 内の気体を排出するためのものであり、開閉弁 8 1 を介して図示しない排気手段と接続されている。

## 【 0 0 3 9 】

## &lt; 2. 光強度監視機構 &gt;

上述したように、この熱処理装置にはフラッシュランプ69から出射される光の強度を計測する機構が設けられている。図3は、光強度計測機構の概略構成を示す図である。この光強度計測機構は、主としてフラッシュランプ69から出射された光を導く複数の光ファイバー20と、受光した光の強度を電気信号として出力するCCD (Charge Coupled Device) 25と、CCD 25から出力された電気信号を解析するコンピュータ10とにより構成される。

## 【0040】

各光ファイバー20の一端部はリフレクタ71に固設されている。図5はフラッシュランプ69に対する光ファイバー20の配設状態を示す図である。また、図6はリフレクタ71への光ファイバー20の取付態様を示す拡大図である。図5に示すように、本実施形態では1本のフラッシュランプ69に対して3本の光ファイバー20を配設している。すなわち、フラッシュランプ69は長尺の円筒形状を有する棒状ランプであり、光ファイバー20の端面が各フラッシュランプ69の中央部および両端部のそれぞれに対向するように構成されている。従って、光源5に27本のフラッシュランプ69が設けられているとすると、リフレクタ71には計81本の光ファイバー20が取り付けられることとなる。具体的な取付態様は図6に示すように、リフレクタ71におけるフラッシュランプ69の直上部分に光ファイバー20の径よりも若干大きな穴を穿設し、その穴に光ファイバー20の一端部を挿通させた状態にて取付治具21により光ファイバー20を固定する。光ファイバー20の材質は石英製であり、フラッシュランプ69からの強烈なフラッシュ光に対しても耐性を備えている。

## 【0041】

図5および図6に示すようにして複数の、例えば81本の光ファイバー20をリフレクタ71に取り付けることにより、それら光ファイバー20の端面が27本のフラッシュランプ69の中央部および両端部に対向する。そしてこの状態でフラッシュランプ69が閃光を出射すると、出射された光は各光ファイバー20の端面に入射して該光ファイバー20によって導かれることとなる。

## 【0042】

一方、各光ファイバー20の他端部はファイバー固定治具22に固設されてい

る。複数の光ファイバー 2 0 のファイバー固定治具 2 2 への接続態様（配列）は CCD 2 5 の形状に応じて任意のものとすれば良い。例えば、8 1 本の光ファイバー 2 0 を一列に並べても良いし、矩形状に配列して並べても良い。本実施形態では、フラッシュランプ 6 9 の中央部、一端部および他端部のそれぞれに対向する光ファイバー 2 0 を 2 7 本ずつ 3 列に並べてファイバー固定治具 2 2 に固設している。なお、フラッシュランプ 6 9 に対向する一端面から入射して光ファイバー 2 0 内を導かれた光がその他端面からファイバー固定治具 2 2 に遮られることなく出射されることは勿論である。

## 【 0 0 4 3 】

ファイバー固定治具 2 2 にはフィルター 2 3 が貼設されている。フィルター 2 3 としては、その目的に応じて種々のものを採用することができる。例えば、光ファイバー 2 0 から出射される光が強すぎる場合には ND フィルター、所定のスペクトルに絞りたい場合にはバンドパスフィルターを採用すれば良い。例えば、フラッシュ加熱に大きく寄与する紫外線側のスペクトルに限ってモニタを行いたい場合には、紫外線側スペクトルに絞るバンドパスフィルターを採用する。また、フィルター 2 3 として蛍光塗料を塗布したフィルター等を採用することができる。さらに、フィルター 2 3 の代わりに光拡散板を使用するようにしても良い。

## 【 0 0 4 4 】

CCD 2 5 は、フォトダイオードを平面状に並べたものであり、蓄積された入射光に比例した電気量を取り出す受光素子である。CCD 2 5 はファイバー固定治具 2 2 に対向配置されており、8 1 本の光ファイバー 2 0 から出射されてフィルター 2 3 を透過した光を単一の CCD 2 5 にて受光することができる。なお、CCD 2 5 に代わる受光素子として CMOS センサ (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等を採用するようにしても良い。また、フィルター 2 3 と CCD 2 5 との間にレンズ結合系を配置するようにしても良い。

## 【 0 0 4 5 】

CCD 制御回路 2 7 は、CCD 2 5 に蓄積された電荷の読み出しを制御する回路である。CCD 制御回路 2 7 によって CCD 2 5 から読み出された電気信号はコンピュータ 1 0 に伝達される。コンピュータ 1 0 は熱処理装置に付設されてい



るものであり、そのハードウェアとしての構成は一般的なコンピュータと同様である。

#### 【0046】

図4は、コンピュータ10の構成を示すブロック図である。コンピュータ10は、各種演算処理を行うCPU11、基本プログラムを記憶する読み出し専用のメモリであるROM12、各種情報を記憶する読み書き自在のメモリであるRAM13および制御用ソフトウェアやデータなどを記憶しておく磁気ディスク14をバスライン19に接続して構成されている。また、バスライン19にはA/Dコンバータ15が接続されている。A/Dコンバータ15は、CCD制御回路27によってCCD25から読み出されたアナログの電気信号をデジタルに変換する回路である。

#### 【0047】

さらに、バスライン19には、表示部16および入力部17が電氣的に接続されている。表示部16は、例えば液晶ディスプレイ等を用いて構成されており、処理結果やレシピ内容等の種々の情報を表示する。入力部17は、例えばキーボードやマウス等を用いて構成されており、コマンドやパラメータ等の入力を受け付ける。装置のオペレータは、表示部16に表示された内容を確認しつつ入力部17からコマンドやパラメータ等の入力を行うことができる。なお、表示部16と入力部17とを一体化してタッチパネルとして構成するようにしても良い。

#### 【0048】

以上のような構成により、本実施形態ではフラッシュランプ69から出射される光を光ファイバー20によって導き、その光強度をCCD25により計測し、得られた計測結果をコンピュータ10により解析することができる。

#### 【0049】

### <3. 熱処理動作>

次に、本発明にかかる熱処理装置による半導体ウェハ－Wの熱処理動作について説明する。この熱処理装置において処理対象となる半導体ウェハ－Wは、イオン注入後の半導体ウェハ－である。

#### 【0050】

この熱処理装置においては、熱拡散板 7 3 および加熱プレート 7 4 が図 1 に示す半導体ウェハー W の搬入・搬出位置に配置された状態にて、図示しない搬送ロボットにより開口部 6 6 を介して半導体ウェハー W が搬入され、支持ピン 7 0 上に載置される。半導体ウェハー W の搬入が完了すれば、開口部 6 6 がゲートバルブ 6 8 により閉鎖される。しかる後、熱拡散板 7 3 および加熱プレート 7 4 がモータ 4 0 の駆動により図 2 に示す半導体ウェハー W の熱処理位置まで上昇し、半導体ウェハー W を水平姿勢にて保持する。また、開閉弁 8 0 および開閉弁 8 1 を開いてチャンバー 6 5 内に窒素ガスの気流を形成する。

## 【 0 0 5 1 】

熱拡散板 7 3 および加熱プレート 7 4 は、加熱プレート 7 4 に内蔵されたヒータの作用により予め所定温度に加熱されている。このため、熱拡散板 7 3 および加熱プレート 7 4 が半導体ウェハー W の熱処理位置まで上昇した状態においては、半導体ウェハー W が加熱状態にある熱拡散板 7 3 と接触することにより予備加熱され、半導体ウェハー W の温度が次第に上昇する。

## 【 0 0 5 2 】

この状態においては、半導体ウェハー W は熱拡散板 7 3 により継続して加熱される。そして、半導体ウェハー W の温度上昇時には、図示しない温度センサにより、半導体ウェハー W の表面温度が予備加熱温度 T 1 に到達したか否かを常に監視する。

## 【 0 0 5 3 】

なお、この予備加熱温度 T 1 は、例えば 2 0 0 ℃ ないし 6 0 0 ℃ 程度の温度である。半導体ウェハー W をこの程度の予備加熱温度 T 1 まで加熱したとしても、半導体ウェハー W に打ち込まれたイオンが拡散してしまうことはない。

## 【 0 0 5 4 】

やがて、半導体ウェハー W の表面温度が予備加熱温度 T 1 に到達すると、フラッシュランプ 6 9 を点灯してフラッシュ加熱を行う。このフラッシュ加熱工程におけるフラッシュランプ 6 9 の点灯時間は、0. 1 ミリセカンドないし 1 0 ミリセカンド程度の時間である。このように、フラッシュランプ 6 9 においては、予め蓄えられていた静電エネルギーがこのように極めて短い光パルスに変換される

ことから、極めて強い閃光が照射されることになる。

【 0 0 5 5 】

このようなフラッシュ加熱により、半導体ウェハーWの表面温度は瞬間的に温度T2に到達する。この温度T2は、1000℃ないし1100℃程度の半導体ウェハーWのイオン活性化処理に必要な温度である。半導体ウェハーWの表面がこのような処理温度T2にまで昇温されることにより、半導体ウェハーW中に打ち込まれたイオンが活性化される。

【 0 0 5 6 】

このとき、半導体ウェハーWの表面温度が0.1ミリセカンドないし10ミリセカンド程度の極めて短い時間で処理温度T2まで昇温されることから、半導体ウェハーW中のイオン活性化は短時間で完了する。従って、半導体ウェハーWに打ち込まれたイオンが拡散することではなく、半導体ウェハーWに打ち込まれたイオンのプロファイルがなまるといふ現象の発生を防止することが可能となる。なお、イオン活性化に必要な時間はイオンの拡散に必要な時間に比較して極めて短いため、0.1ミリセカンドないし10ミリセカンド程度の拡散が生じない短時間であってもイオン活性化は完了する。

【 0 0 5 7 】

また、フラッシュランプ69を点灯して半導体ウェハーWを加熱する前に、加熱プレート74を使用して半導体ウェハーWの表面温度を200℃ないし600℃程度の予備加熱温度T1まで加熱していることから、フラッシュランプ69により半導体ウェハーWを1000℃ないし1100℃程度の処理温度T2まで速やかに昇温させることが可能となる。

【 0 0 5 8 】

フラッシュ加熱工程が終了した後に、熱拡散板73および加熱プレート74がモータ40の駆動により図1に示す半導体ウェハーWの搬入・搬出位置まで下降するとともに、ゲートバルブ68により閉鎖されていた開口部66が解放される。そして、支持ピン70上に載置された半導体ウェハーWが図示しない搬送ロボットにより搬出される。以上のようにして、一連の熱処理動作が完了する。

【 0 0 5 9 】

#### ＜4. 光強度監視動作＞

以上のような一連の熱処理工程において、本実施形態ではフラッシュランプ 69 から出射される光の強度を監視している。以下その光強度監視動作について説明する。

##### 【0060】

上述したフラッシュ加熱時にフラッシュランプ 69 から閃光が出射されると、その光の一部が光ファイバー 20 によって受光される。このときに、各フラッシュランプ 69 の中央部および両端部のそれぞれに光ファイバー 20 の端面が対向しているため、各フラッシュランプ 69 の中央部および両端部それぞれの箇所から出射された光が個別に受光されることとなる。受光された光は光ファイバー 20 によって導かれて出射され、フィルター 23 を通過して CCD 25 により受光される。

##### 【0061】

図 7 は、フラッシュランプ 69 から閃光が出射されたときのフィルター 23 の出射面のイメージを示す図である。同図は、各フラッシュランプ 69 の中央部に対向配置された光ファイバー 20 によって導かれた光がフィルター 23 を通過するときのイメージを示している。図 7 中の 1 つの円はあるフラッシュランプ 69 から出射されて光ファイバー 20 によって導かれた光がフィルター 23 を通過するときのイメージである。このように、各フラッシュランプ 69 の中央部から出射された光が個別にフィルター 23 を通過する。そして、CCD 25 は図 7 のライン C1 上の光量を計測して電気信号に変換し、その電気信号がコンピュータ 10 に伝達される。

##### 【0062】

図 8 および図 9 は、CCD 25 から出力された電気信号の波形の例を示す図である。図 8 および図 9 において、横軸は CCD 25 のセル位置を示し、縦軸は CCD 25 から出力された電気信号の強度を示している。また、図中 P1～P6 は、各光ファイバー 20 から出射された光（正確には当該光ファイバー 20 が対向するフラッシュランプ 69 の所定部位から出射された光）の中心に位置するセル位置、具体的には図 7 の円形のイメージの中心に位置するセル位置を示している。

。ここで、セル位置P1はフラッシュランプ69aの中央部から出射された光の中心に位置するセル位置である。同様に、セル位置P2はフラッシュランプ69bの中央部、セル位置P3はフラッシュランプ69cの中央部、セル位置P4はフラッシュランプ69dの中央部、セル位置P5はフラッシュランプ69eの中央部、セル位置P6はフラッシュランプ69fの中央部から出射された光の中心に位置するセル位置である。すなわち、単一のCCD25によって複数のフラッシュランプ69のそれぞれから出射される光の強度を計測するのである。なお、フラッシュランプ69a～フラッシュランプ69fは光源5に設けられた27本のフラッシュランプ69のうちの1本である（以降、特に区別を必要としないときは単にフラッシュランプ69とする）。

## 【0063】

図8に示す波形F(x)は、チャンバー65内にて熱拡散板73および加熱プレート74によって熱処理位置に保持された半導体ウェハWへの照射状態が所定の基準を満足するときの複数のフラッシュランプ69のそれぞれから出射される光の強度を示している。「照射状態が所定の基準を満足するとき」とは、例えば半導体ウェハW上の照度のバラツキが所定の範囲内に収まっているときである。このような状態は、熱処理装置の設置時やメンテナンス時等に各フラッシュランプ69の調整等が行われることにより実現される。そして、メンテナンス完了時等に上述した「照射状態が所定の基準を満足するとき」の複数のフラッシュランプ69のそれぞれから出射される光の強度が予め測定され、コンピュータ10は、その光強度を示す波形F(x)を磁気ディスク14に格納しておく。

## 【0064】

なお、半導体ウェハWへの照射状態が所定の基準を満足するときに、各フラッシュランプ69から出射される光の強度自体は必ずしも均一にならなくて良い。すなわち、図8の波形F(x)に示すように、フラッシュランプ69a～フラッシュランプ69fから出射される光の強度がばらついていても、結果として半導体ウェハW上の照度のバラツキが所定の範囲内に収まっていれば良く、そのときのフラッシュランプ69から出射される光の強度を示す波形F(x)が標準発光強度としてコンピュータ10に予め記憶されるのである。

## 【0065】

一方、図9に示す波形G(x)は、実際に処理対象となるある半導体ウェハ－Wへのフラッシュ加熱を行うときの複数のフラッシュランプ69のそれぞれから出射される光の強度を示している。フラッシュ加熱を行うときには必ずフラッシュランプ69が発光し、その都度フラッシュランプ69から出射された光がCCD25によって受光され、波形G(x)が得られるのである。すなわち、処理対象となる半導体ウェハ－Wに光照射を行うごとに、27本のフラッシュランプ69のそれぞれから出射される光の強度を示す波形G(x)が取得されるのである。

## 【0066】

そして、コンピュータ10のCPU11は、波形G(x)が得られるごとに標準発光強度である波形F(x)と波形G(x)とを比較して27本のフラッシュランプ69のそれぞれの発光状態を検出するのである。具体的には、CPU11が $G(x)/F(x)$ の演算を実行する。このことは、標準発光強度である波形F(x)による正規化を行うことを意味している。

## 【0067】

図10は、図9に示す波形G(x)に対する図8に示す標準発光強度である波形F(x)の強度比を示す図である。同図に示すように、セル位置P1およびセル位置P5における波形G(x)の強度が標準発光強度である波形F(x)よりも低下している。このことはフラッシュランプ69a、69eから出射される光の強度が波形Fnを取得したときよりも低下していること、つまりフラッシュランプ69a、69eの劣化を意味している。特に、セル位置P1における強度比が大きく低下しており、フラッシュランプ69aの劣化の程度が大きいことが明らかである。

## 【0068】

本実施形態では、CPU11が光源5に設けられた27本のフラッシュランプ69のうちの少なくとも1本についての図10に示す強度比が0.98以下となったか否かを判断し、0.98以下となった時点で当該フラッシュランプ69が劣化している旨の警告を発する。警告としては、例えばCPU11が表示部16

に警告メッセージを表示するようにすれば良い。

【0069】

また、CPU11が光源5に設けられた27本のフラッシュランプ69のうちの少なくとも1本についての図10に示す強度比が0.95以下となったか否かを判断し、0.95以下となった時点で熱処理装置を停止する。上記の例では、フラッシュランプ69aについての強度比が0.95以下となっているため、CPU11はフラッシュランプ69aの劣化の程度が激しいと判断して熱処理装置を停止する。また、仮にフラッシュランプ69aについての強度比が正常であったとしても、フラッシュランプ69eについての強度比が0.98以下となっているときには、CPU11はフラッシュランプ69eの劣化が進行していると判断して表示部16に警告メッセージを表示する。

【0070】

なお、図10に示す強度比がどの程度まで低下した時点で異常対応処理を行うかは、予め実験等によって強度比がどの程度まで低下した時点で半導体ウェハ－W上の照度分布の均一性が損なわれるかを調査した上で設定しておけば良い。

【0071】

熱処理装置が停止したときにはフラッシュランプ69の交換等を行う。好ましくは、警告が発せられた段階でフラッシュランプ69の交換等を行う。そして、このようなメンテナンスを行い、半導体ウェハ－W上の照度のバラツキが所定の範囲内に収まった時点で、複数のフラッシュランプ69のそれぞれから出射される光の強度をCCD25によって測定し、その波形F(x)を新たな標準発光強度としてコンピュータ10に記憶させる。

【0072】

以上のように、本実施形態では、光源5から熱拡散板73および加熱プレート74に保持された半導体ウェハ－Wに向けて閃光を出射するときに、光ファイバ－20によって出射光の一部を導き、27本のフラッシュランプ69のそれぞれから出射される光の強度をCCD25によって計測している。そして、その計測結果に基づいてコンピュータ10のCPU11が27本のフラッシュランプ69のそれぞれの発光状態を検出することによって、フラッシュランプ69から出射

される光の強度を監視している。従来の如き定期的なサンプリングや電流特性のモニタリングといった間接的なランプ管理ではなく、フラッシュランプ69から出射される光を直接受光してその強度を測定することによって各フラッシュランプ69の発光状態を検出しているため、直接的なランプ管理が可能となり、フラッシュランプ69の劣化を確実に検出することができる。

## 【0073】

また、フラッシュランプ69の発光状態の検出に際しては、熱拡散板73および加熱プレート74に保持された半導体ウェハ-Wへの照射状態が所定の基準を満足するときの27本のフラッシュランプ69のそれぞれから出射される光の強度を予め測定して標準発光強度とし、実際に処理対象となる半導体ウェハ-Wへのフラッシュ加熱を行うときの27本のフラッシュランプ69のそれぞれから出射される光の強度と該標準発光強度とを比較している。換言すれば、27本のフラッシュランプ69相互間の光強度のバラツキの如何に関わらず、実際にフラッシュ加熱を行うときの27本のフラッシュランプ69のそれぞれから出射される光の強度を標準発光強度によって正規化することによりフラッシュランプ69の発光状態の検出しているため、簡便な手法にてフラッシュランプ69の劣化を確実に検出することができる。

## 【0074】

また、本実施形態ではフラッシュランプ69の中央部のみならず両端部にも光ファイバー20を対向させ、当該両端部の発光状態の検出も行っている。フラッシュランプ69の両端部には電極が配置されているため、電極のスパッタに起因したガラス管の黒化による光量低下が生じやすい。従って、フラッシュランプ69の両端部を含む複数箇所から出射される光の強度を同時に監視することによってより確実にフラッシュランプ69の劣化を検出することができる。

## 【0075】

また、処理対象となる半導体ウェハ-Wに光照射を行うごとに、27本のフラッシュランプ69のそれぞれの発光状態を検出しているため、発光異常が検出されたときに処理された半導体ウェハ-Wのみが処理不良となる可能性があるだけで済み、従来のサンプリングによる検査のように検査間に処理された全ての半導



体ウェハーWに処理不良が生じるおそれはない。

【0076】

さらに、27本のフラッシュランプ69から出射される光の強度を単一のCCD25によって計測しているため、計測回路のバラツキを最小限に抑制することができる。

【0077】

#### ＜5. 光強度低下の定量化手法＞

上記の例では、実際に処理対象となる半導体ウェハーWへのフラッシュ加熱を行うときの27本のフラッシュランプ69のそれぞれから出射される光の強度を示す波形G(x)を半導体ウェハーWへの照射状態が所定の基準を満足するときの27本のフラッシュランプ69のそれぞれから出射される光の強度を予め測定した標準発光強度である波形F(x)によって正規化することによりフラッシュランプ69から出射される光の強度低下を定量化し、ランプ管理を行っていた。実測の波形G(x)と標準発光強度である波形F(x)との比較による光強度低下の定量化手法は上記の例に限定されるものではなく、以下のような各手法を採用することができる。

【0078】

(手法1) まず、図11に示す例では、フラッシュランプ69についての実測の波形G(x)と標準発光強度である波形F(x)とに共通の閾値Thを設定し、波形G(x)および波形F(x)のそれぞれについて閾値Th以上となる部分から閾値Thを減じた値を積分し、それら積分結果から光強度低下を定量化する。すなわち、図11に示す例では、次の数1によってフラッシュランプ69から出射される光の強度低下指標R(%)を算出している。

【0079】

【数1】

$$R = \left[ 1 - \frac{\int_b^c (G(x) - Th) dx}{\int_a^d (F(x) - Th) dx} \right] \times 100$$

## 【0080】

フラッシュランプ69が劣化するにつれて $G(x)$ の値が小さくなり、強度低下指標 $R$ は大きくなる。特に、図11の例では、波形 $G(x)$ および波形 $F(x)$ のそれぞれから閾値 $T_h$ を減じた値を積分しているため、フラッシュランプ69の劣化に対して増幅された強度低下指標 $R$ が得られることとなる。なお、閾値 $T_h$ としては、標準発光強度である波形 $F(x)$ を決定するときに併せて適当な値を設定し、その値を磁気ディスク14に格納しておくようにすれば良い。

## 【0081】

(手法2) また、図12に示す例では、フラッシュランプ69についての実測の波形 $G(x)$ と標準発光強度である波形 $F(x)$ とに上記と同様の共通の閾値 $T_h$ を設定し、波形 $G(x)$ および波形 $F(x)$ のそれぞれについて閾値 $T_h$ 以上となる部分を積分し、それら積分結果から光強度低下を定量化する。すなわち、図12に示す例では、次の数2によってフラッシュランプ69から出射される光の強度低下指標 $R(\%)$ を算出している。

## 【0082】

## 【数2】

$$R = \left[ 1 - \frac{\int_b^c G(x) dx}{\int_a^d F(x) dx} \right] \times 100$$

## 【0083】

この場合もフラッシュランプ69が劣化するにつれて $G(x)$ の値が小さくなり、強度低下指標 $R$ は大きくなる。閾値 $T_h$ としては、上記と同様に標準発光強度である波形 $F(x)$ を決定するときに併せて適当な値を設定しておけば良い。

## 【0084】

(手法3) また、図13に示す例では、フラッシュランプ69についての実測の波形 $G(x)$ と標準発光強度である波形 $F(x)$ とに上記と同様の共通の閾値 $T_h$ を設定し、波形 $G(x)$ および波形 $F(x)$ のそれぞれについて閾値 $T_h$ 以上となる部分の幅を求め、それらから光強度低下を定量化する。すなわち、図1

3に示す例では、次の数3によってフラッシュランプ69から出射される光の強度低下指標R(%)を算出している。

【0085】

【数3】

$$R = \left( 1 - \frac{c-b}{d-a} \right) \times 100$$

【0086】

この場合もフラッシュランプ69が劣化するにつれてG(x)の値が小さくなり、閾値Th以上となる部分の幅も狭くなり、強度低下指標Rは大きくなる。閾値Thとしては、上記と同様に標準発光強度である波形F(x)を決定するとき併せて適当な値を設定しておけば良い。

【0087】

(手法4) また、図14に示す例では、フラッシュランプ69についての実測の波形G(x)および標準発光強度である波形F(x)のそれぞれの最大値から光強度低下を定量化する。すなわち、図14に示す例では、次の数4によってフラッシュランプ69から出射される光の強度低下指標R(%)を算出している。

【0088】

【数4】

$$R = \left( 1 - \frac{\text{Max } G}{\text{Max } F} \right) \times 100$$

【0089】

この場合もフラッシュランプ69が劣化するにつれてG(x)の最大値が小さくなり、強度低下指標Rは大きくなる。なお、通常は、F(x)の最大値のセル位置とG(x)の最大値のセル位置とは一致するため、この手法は上記実施形態において説明したものとほぼ同義となる。

## 【0090】

(手法5)さらに、図15に示す例では、フラッシュランプ69についての実測の波形G(x)と標準発光強度である波形F(x)とに上記と同様の共通の閾値Thを設定し、波形F(x)については閾値Th以上となる部分を積分するとともに、波形G(x)については波形F(x)と同じ範囲にて積分し、それら積分結果から光強度低下を定量化する。すなわち、図15に示す例では、次の数5によってフラッシュランプ69から出射される光の強度低下指標R(%)を算出している。

## 【0091】

【数5】

$$R = \left[ 1 - \frac{\int_a^d G(x) dx}{\int_a^d F(x) dx} \right] \times 100$$

## 【0092】

この場合もフラッシュランプ69が劣化するにつれてG(x)の値が小さくなり、強度低下指標Rは大きくなる。閾値Thとしては、上記と同様に標準発光強度である波形F(x)を決定するときに併せて適当な値を設定しておけば良い。

## 【0093】

上記実施形態と同様に、これらの各手法にて算出された強度低下指標Rが所定値以上となったときにはフラッシュランプ69が劣化している旨の警告を発したり、熱処理装置を停止したりする。なお、以上の各定量化手法は27本のフラッシュランプ69のそれぞれについて、つまりセル位置P1, P2, P3, ...のそれぞれの近傍において行われるものである。

## 【0094】

上記5種類の定量化手法を示したが、次にこれら各手法を検証した結果を示す。検証は蛍光灯を用いて行った。蛍光灯は印加電圧(70~100V)と光強度とが比例するため、実際の光強度低下率Q(%)を調整することが容易である。複数の光強度低下率Qについて実測の波形G(x)を取得し、上記各定量化手法

により強度低下指標Rを算出した。複数の光強度低下率Qのそれぞれについて各手法ごとに5回の算出処理を行い、その5回の平均を強度低下指標Rとした。

## 【0095】

このようにして求めた強度低下指標Rと光強度低下率Qとを最小二乗近似によって一次式 $R = aQ$ としたときの各手法ごとの係数aを次の表1に示す。また、上記5回の算出処理結果の標準偏差を $\sigma$ とし、平均値をAVEとしたときの、 $\sigma / AVE$ を複数の光強度低下率Qについて平均したバラツキSを表1に併せて示す。

## 【0096】

【表1】

	係数 a	相関係数 $r^2$	バラツキ S (%)
手法 1	3.0022	0.9985	1.528
手法 2	1.8921	0.9959	0.822
手法 3	1.2884	0.9857	0.758
手法 4	1.2042	0.9947	0.733
手法 5	1.1975	0.9938	0.378

## 【0097】

表1から明らかなように、手法1の係数aが最も大きく、フラッシュランプ69の光強度変化に対して敏感である。逆に、バラツキSについては手法5が最も小さく、強度低下指標Rの再現性、信頼性が高いことが分かる。このように、各手法はその特性がそれぞれ異なるため、5種類の定量化手法のうちの複数を組み合わせてランプ管理を行うことが好ましい。

## 【0098】

例えば、通常は光強度変化に対して敏感な手法1によってフラッシュランプ69の発光状態を監視し、ランプ劣化が検出されたときに手法5によって確認を行うことによりより正確なフラッシュランプ69の劣化を検出することができる。また、より簡便にフラッシュランプ69の劣化を検出するのであれば、いずれか

1種類の定量化手法のみによってフラッシュランプ69の発光状態を監視するようにしても良い。さらに、より確実な検出を行うのであれば、5種類の定量化手法のうちの3種類以上を組み合わせるフラッシュランプ69の発光状態を監視するようにしても良いことは勿論である。

#### 【0099】

##### <6. 変形例>

以上、本発明の実施の形態について説明したが、この発明は上記の例に限定されるものではない。例えば、上記実施形態においては光源5に27本のフラッシュランプ69を備えるようにしていたが、これに限定されずフラッシュランプ69の本数は任意のものとすることができる。

#### 【0100】

また、各フラッシュランプ69における光強度測定箇所も3箇所に限定されるものではなく、少なくとも1箇所あれば良い。測定箇所が1箇所のときはフラッシュランプ69の中央部を選択するのが好ましい。測定箇所が複数のときは、中央部と両端部を含むように選択するのが好ましい。

#### 【0101】

また、光源5にフラッシュランプ69に代えて他の種類のランプ（例えばハロゲンランプ）を備え、当該ランプからの光照射によって半導体ウェハ－Wの加熱を行う熱処理装置であっても本発明に係る技術を適用することができる。すなわち、複数のランプのそれぞれにおける複数箇所から出射される光の強度を計測し、その計測結果に基づいて当該複数のランプのそれぞれの発光状態を検出するようにしても良い。その具体的な手法は上記実施形態と同じであり、ランプの劣化を確実に簡便に検出することができる。

#### 【0102】

また、上記実施形態においては、半導体ウェハ－に光を照射してイオン活性化処理を行うようにしていたが、本発明にかかる熱処理装置による処理対象となる基板は半導体ウェハ－に限定されるものではない。例えば、窒化シリコン膜や多結晶シリコン膜等の種々のシリコン膜が形成されたガラス基板に対して本発明にかかる熱処理装置による処理を行っても良い。一例として、CVD法によりガラ

ス基板上に形成した多結晶シリコン膜にシリコンをイオン注入して非晶質化した非晶質シリコン膜を形成し、さらにその上に反射防止膜となる酸化シリコン膜を形成する。この状態で、本発明にかかる熱処理装置により非晶質のシリコン膜の全面に光照射を行い、非晶質のシリコン膜が多結晶化した多結晶シリコン膜を形成することもできる。

#### 【0103】

また、ガラス基板上に下地酸化シリコン膜、アモルファスシリコンを結晶化したポリシリコン膜を形成し、そのポリシリコン膜にリンやボロン等の不純物をドーピングした構造のTFT基板に対して本発明にかかる熱処理装置により光照射を行い、ドーピング工程で打ち込まれた不純物の活性化を行うこともできる。

#### 【0104】

一般にこのようなガラス基板は半導体ウェハーに比較してサイズが大きく、熱処理時にはガラス基板を少しずつシフトさせつつ1本のフラッシュランプを繰り返し発光させることによってフラッシュ加熱を行う。このような場合も、その1本のフラッシュランプの発光状態を上記実施形態と同様にして検出することによりランプの劣化を確実に検出することができる。

#### 【0105】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、請求項1の発明によれば、光源から保持手段に保持された基板に向けて光を出射するときに、フラッシュランプから出射される光の強度を計測し、その計測結果に基づいてフラッシュランプの発光状態を検出するため、フラッシュランプから出射される光を直接モニタすることとなり、ランプの劣化を確実に検出することができる。

#### 【0106】

また、請求項2の発明によれば、保持手段に保持された基板への照射状態が所定の基準を満足するときのフラッシュランプから出射される光の強度を標準発光強度とし、光強度計測手段による計測結果と標準発光強度とを比較してフラッシュランプの発光状態を検出するため、より簡便にランプの劣化を確実に検出することができる。

## 【 0 1 0 7 】

また、請求項 3 の発明によれば、フラッシュランプが長尺の円筒形状を有する棒状ランプであり、光強度計測手段がフラッシュランプの両端部を含む複数箇所から出射される光の強度を計測するため、黒化による光量低下が生じやすい両端部から出射される光をモニタすることができ、より確実にランプの劣化を検出することができる。

## 【 0 1 0 8 】

また、請求項 4 の発明によれば、光源が複数のフラッシュランプを有し、複数のフラッシュランプのそれぞれから出射される光の強度を計測し、その計測結果に基づいて複数のフラッシュランプのそれぞれの発光状態を検出するため、複数のランプのそれぞれの劣化を確実にかつ簡便に検出することができる。

## 【 0 1 0 9 】

また、請求項 5 の発明によれば、複数のフラッシュランプのそれぞれの発光状態のうち少なくとも一部に所定の基準を満足しないものが生じたときに所定の異常対応処理を行うため、ランプの劣化の程度に応じた適切な処理を行うことができる。

## 【 0 1 1 0 】

また、請求項 6 の発明によれば、処理対象となる基板に光照射を行うごとに複数のフラッシュランプのそれぞれの発光状態を検出するため、ランプの劣化の程度を絶えず監視することができる。

## 【 0 1 1 1 】

また、請求項 7 の発明によれば、光強度計測手段が複数のフラッシュランプのそれぞれから出射される光を導く複数の光ファイバーと、複数の光ファイバーによって導かれた光を受光する単一の受光素子とを含むため、複数のフラッシュランプから出射された光を単一の受光素子にて受光することができ、計測回路のバラツキを最小限に抑制することができる。

## 【 0 1 1 2 】

また、請求項 8 の発明によれば、複数のランプのそれぞれにおける複数箇所から出射される光の強度を計測し、その計測結果に基づいて複数のランプのそれぞ



れの発光状態を検出するため、ランプから出射される光を直接モニタすることとなり、ランプの劣化を確実に検出することができる。

【0 1 1 3】

また、請求項 9 の発明によれば、保持手段に保持された基板への照射状態が所定の基準を満足するときの複数のランプのそれぞれから出射される光の強度を標準発光強度とし、光強度計測手段による計測結果と標準発光強度とを比較して複数のランプのそれぞれの発光状態を検出するため、より簡便にランプの劣化を確実に検出することができる。

【0 1 1 4】

また、請求項 1 0 の発明によれば、複数のランプのそれぞれの発光状態のうち少なくとも一部に所定の基準を満足しないものが生じたときに所定の異常対応処理を行うため、ランプの劣化の程度に応じた適切な処理を行うことができる。

【0 1 1 5】

また、請求項 1 1 の発明によれば、光強度計測手段が複数のランプのそれぞれから出射される光を導く複数の光ファイバーと、複数の光ファイバーによって導かれた光を受光する単一の受光素子とを含むため、複数のランプから出射された光を単一の受光素子にて受光することができ、計測回路のバラツキを最小限に抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明にかかる熱処理装置の構成を示す側断面図である。

【図 2】

本発明にかかる熱処理装置の構成を示す側断面図である。

【図 3】

光強度計測機構の概略構成を示す図である。

【図 4】

コンピュータの構成を示すブロック図である。

【図 5】

フラッシュランプに対する光ファイバーの配設状態を示す図である。

【図 6】

リフレクタへの光ファイバーの取付態様を示す拡大図である。

【図 7】

フラッシュランプから閃光が出射されたときのフィルターの出射面のイメージを示す図である。

【図 8】

CCDから出力された電気信号の波形の例を示す図である。

【図 9】

CCDから出力された電気信号の波形の例を示す図である。

【図 1 0】

図 9 に示す波形に対する図 8 に示す標準発光強度である波形の強度比を示す図である。

【図 1 1】

光強度低下の定量化手法の一例を示す図である。

【図 1 2】

光強度低下の定量化手法の他の例を示す図である。

【図 1 3】

光強度低下の定量化手法の他の例を示す図である。

【図 1 4】

光強度低下の定量化手法の他の例を示す図である。

【図 1 5】

光強度低下の定量化手法の他の例を示す図である。

【符号の説明】

5 光源

1 0 コンピュータ

1 1 CPU

1 6 表示部

2 0 光ファイバー

2 3 フィルター

2 5 C C D

2 7 C C D 制 御 回 路

6 5 チ ャ ン バ ー

6 9 フ ラ ッ シ ュ ラ ン プ

7 1 リ フ レ ク タ

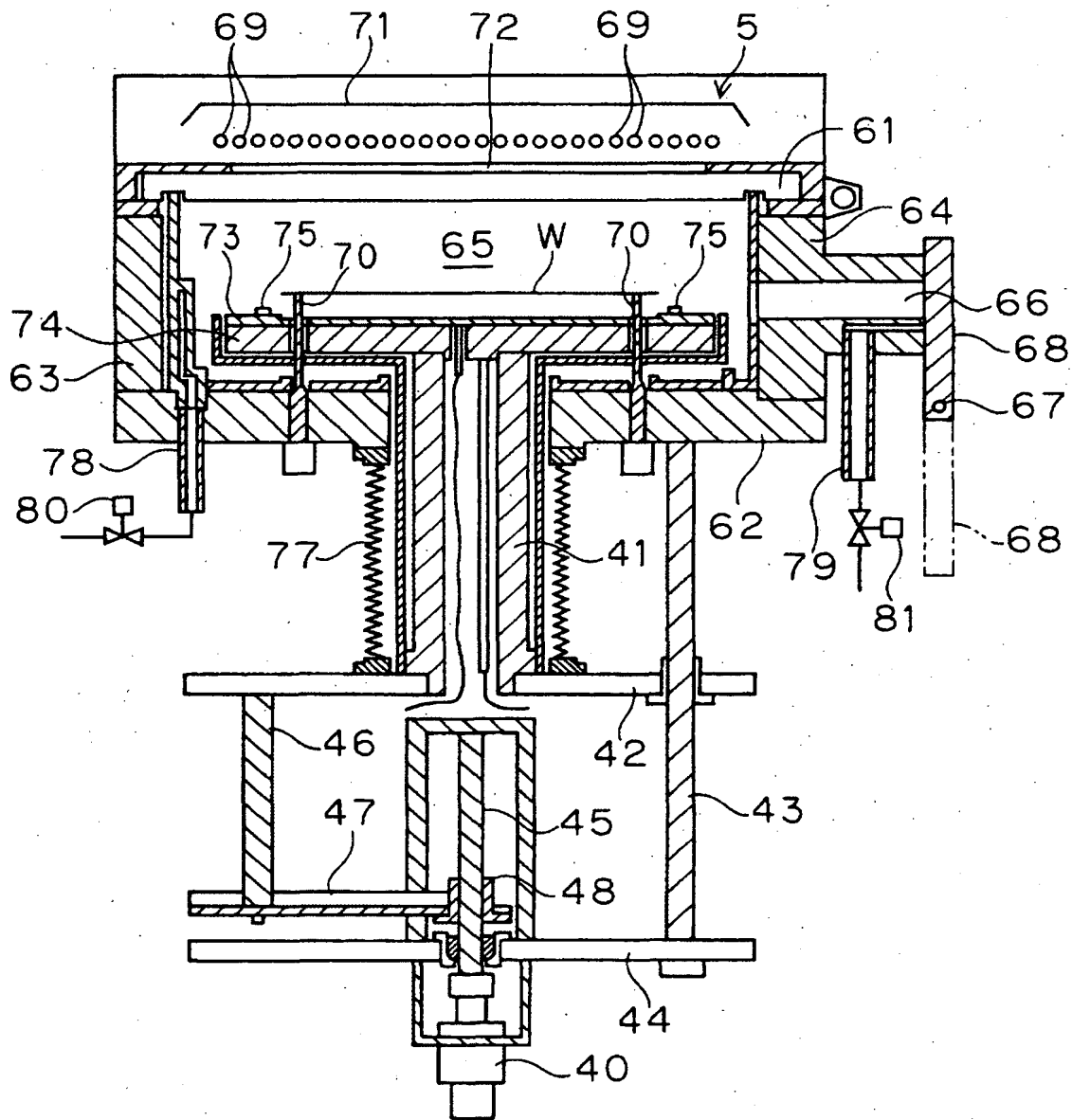
7 3 熱 拡 散 板

7 4 加 熱 プ レ ー ト

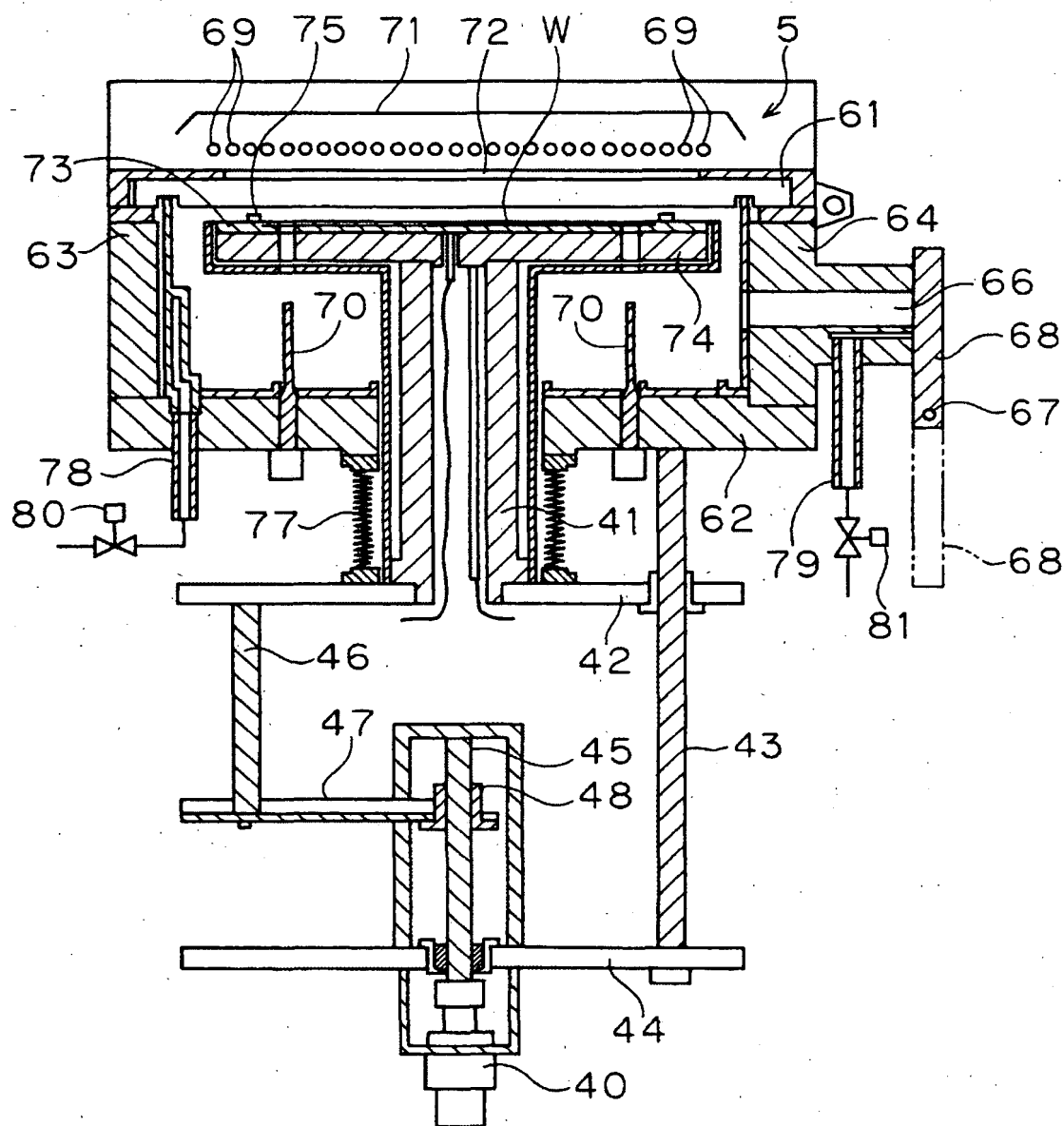
W 半 導 体 ウ ェ ハ ー

【書類名】 図面

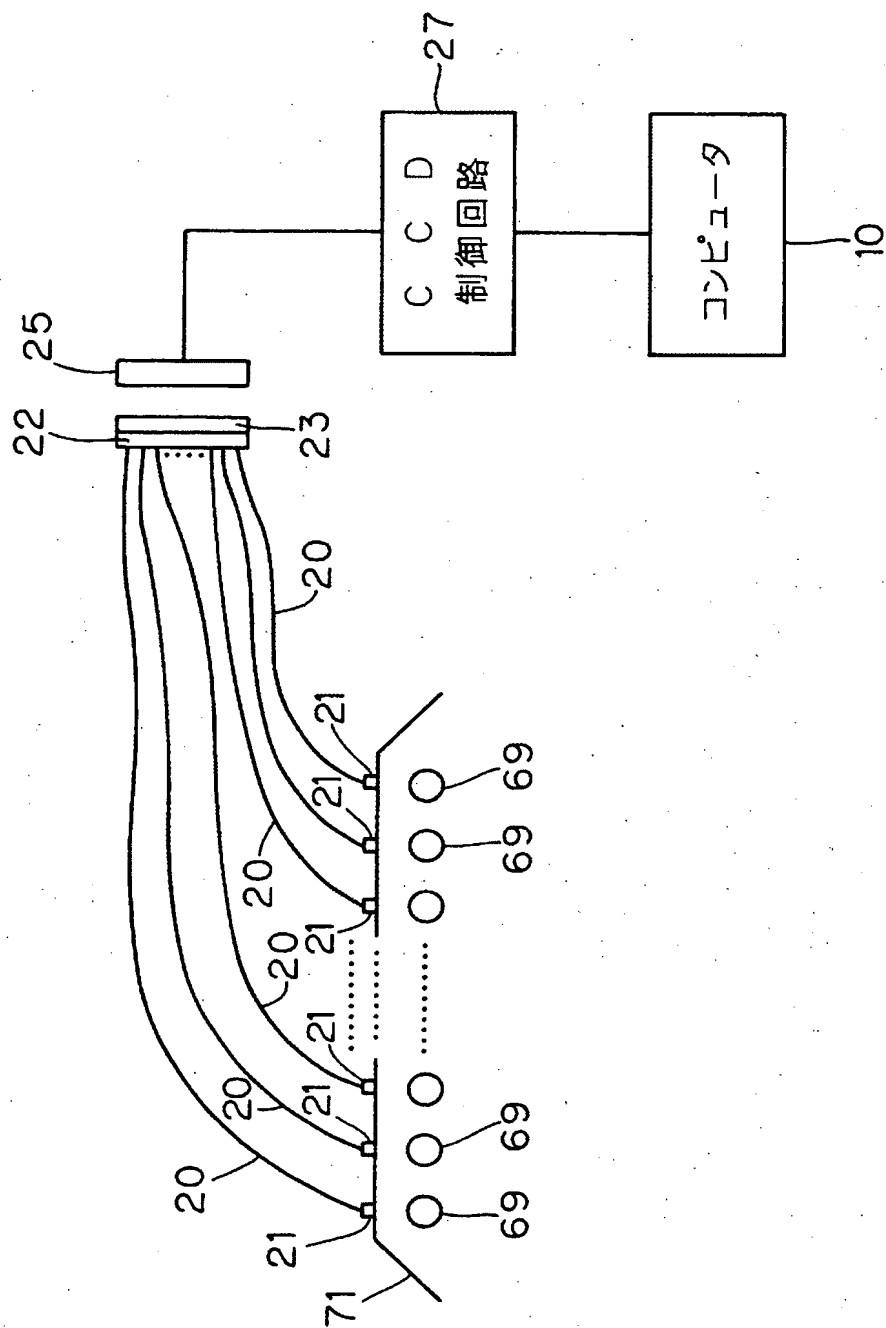
【図 1】



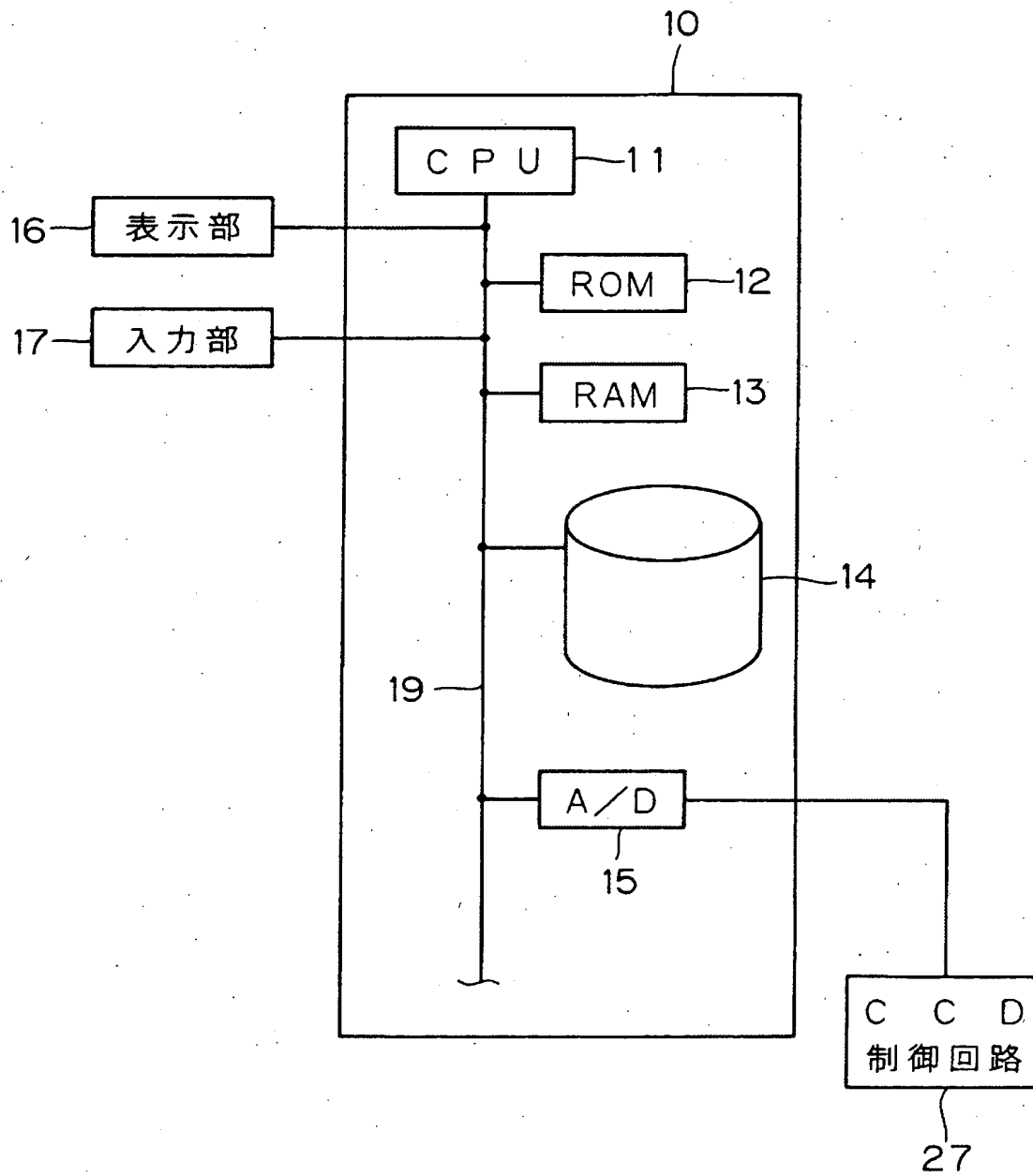
【図 2】



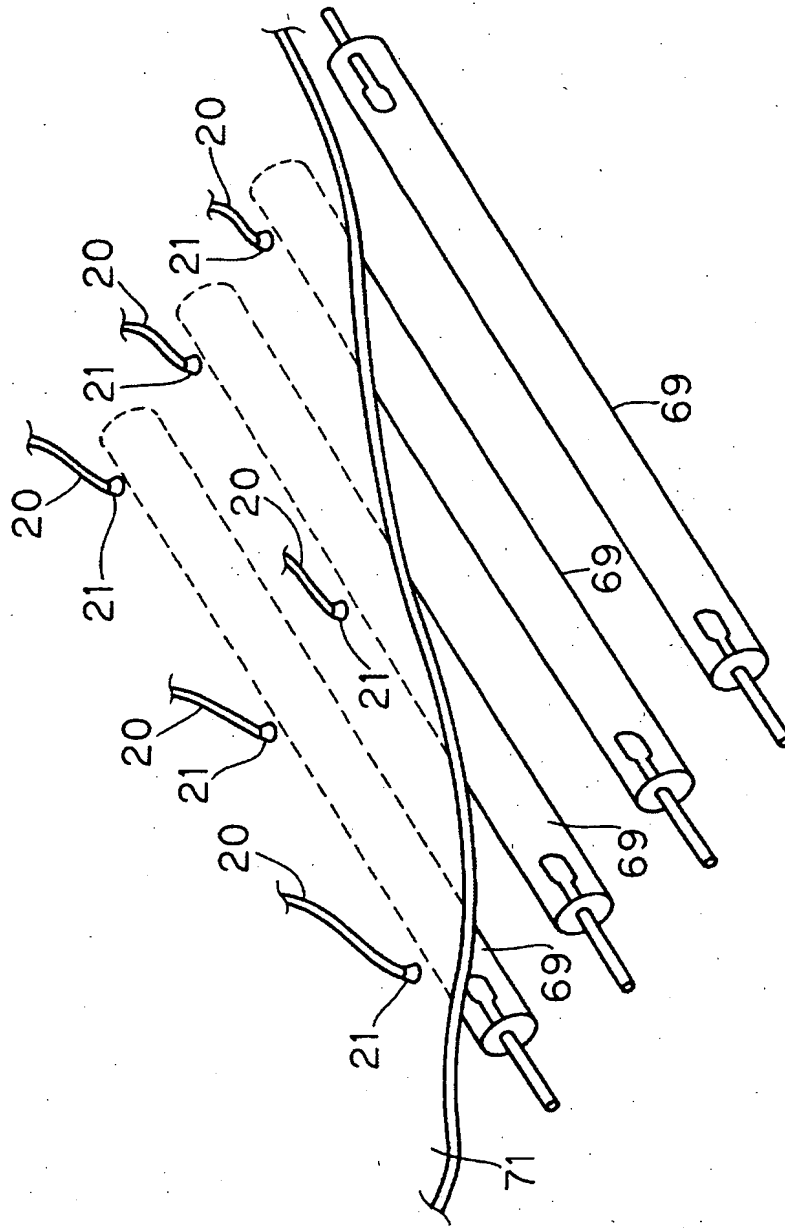
【図 3】



【図 4】

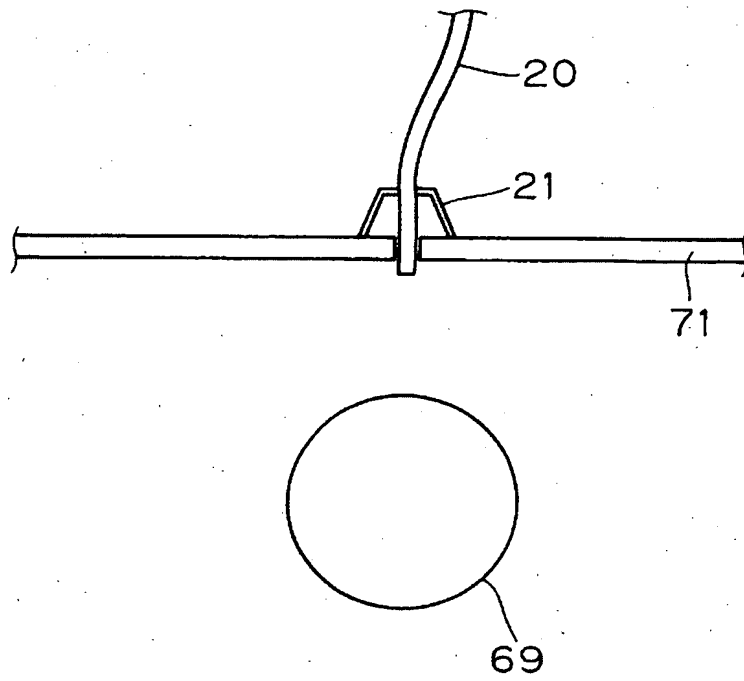


【図5】

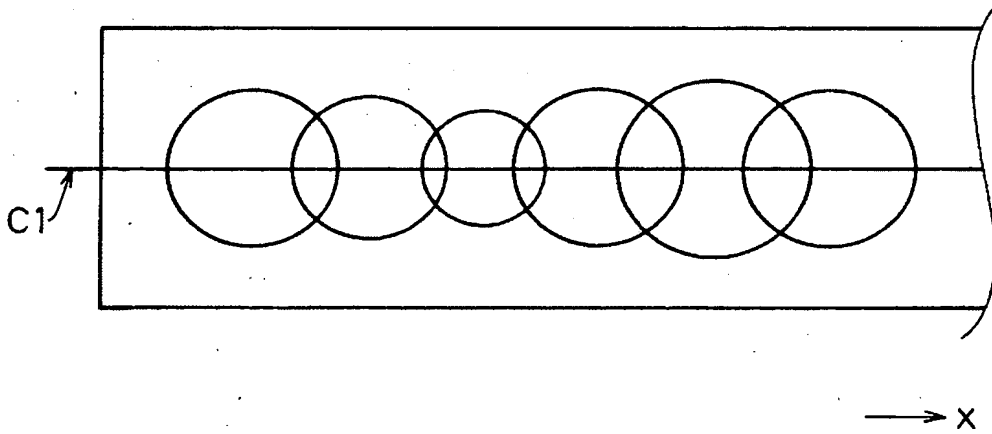




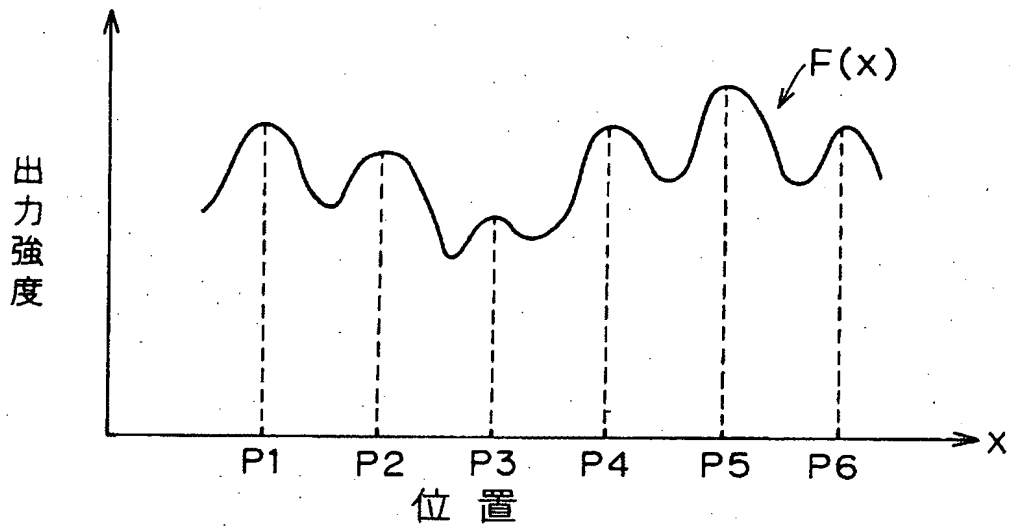
【図 6】



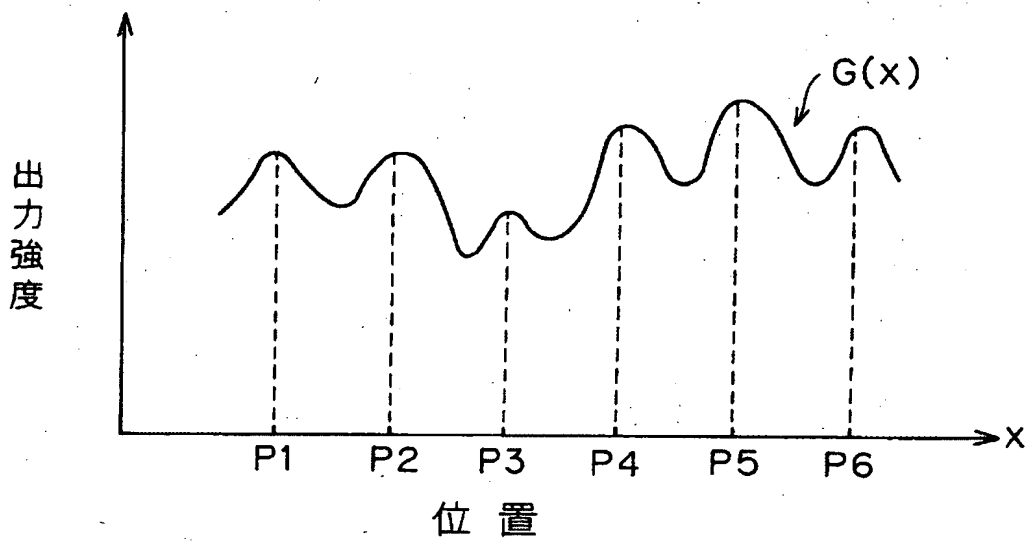
【図 7】



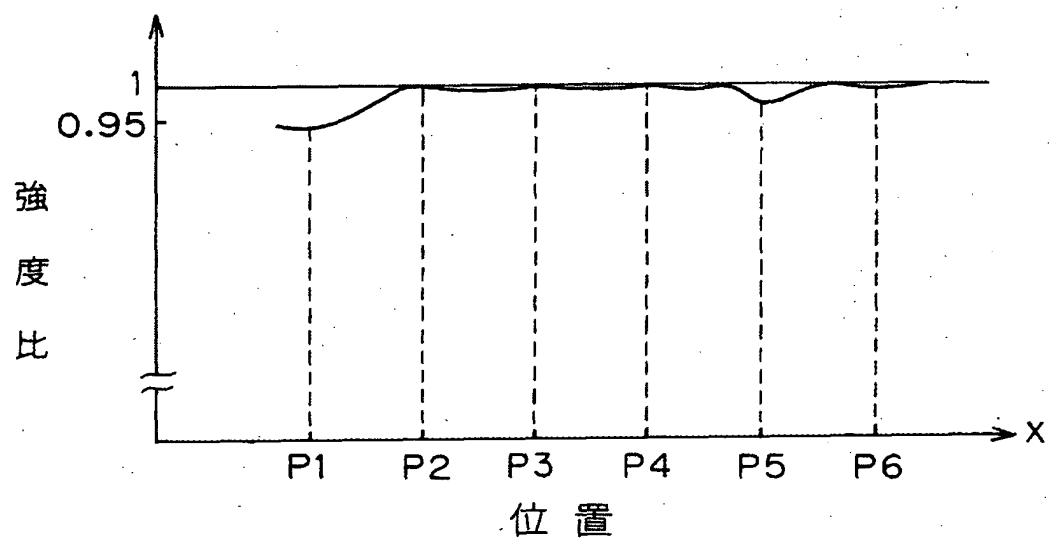
【図8】



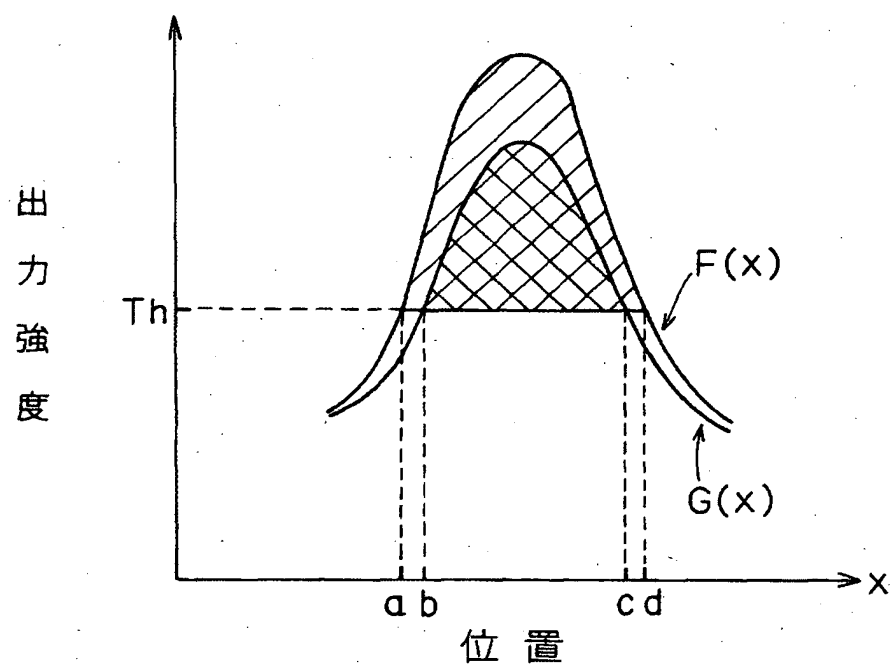
【図9】



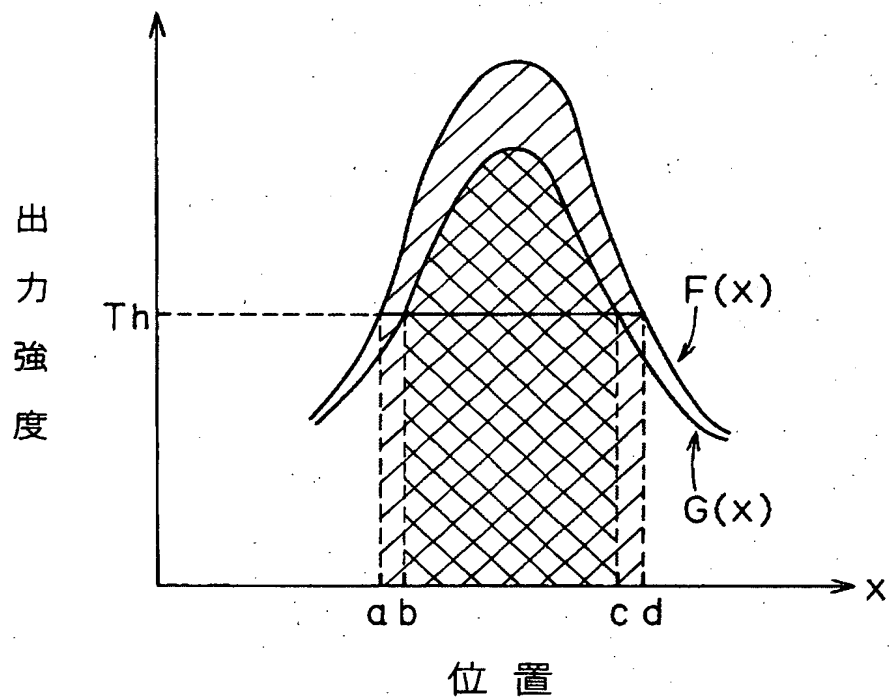
【図10】



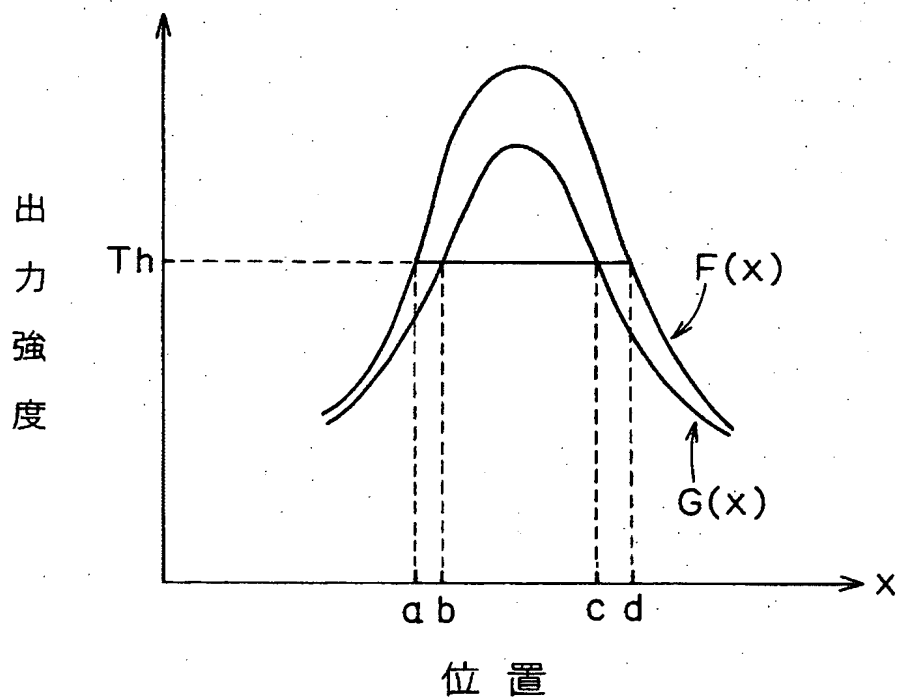
【図11】



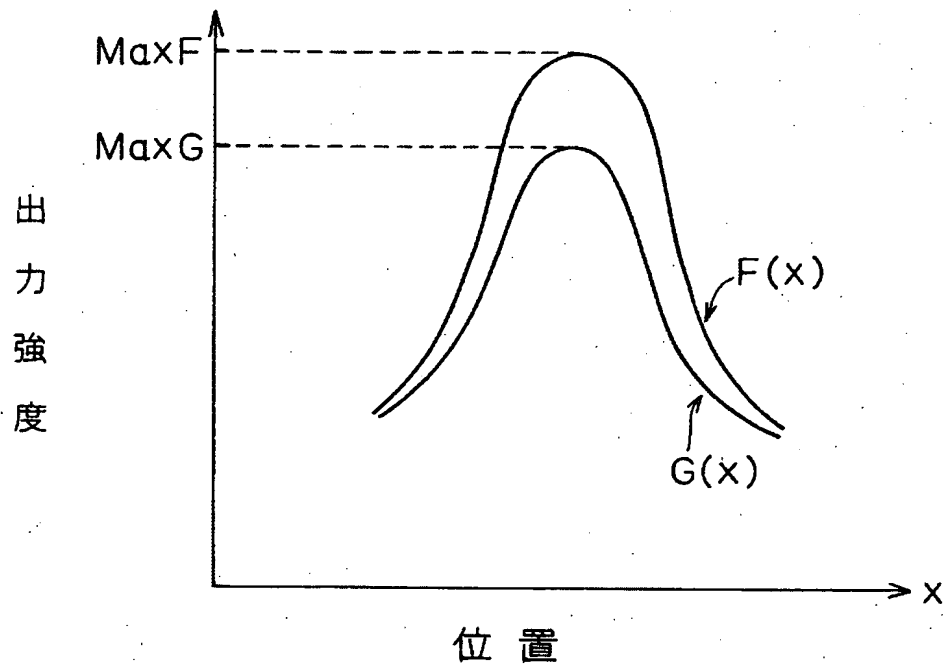
【図 1 2】



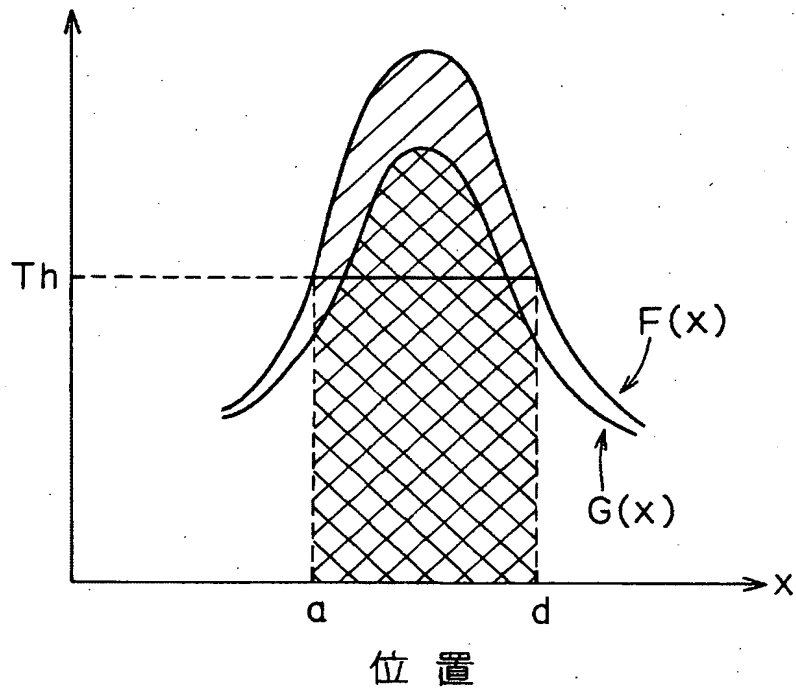
【図 1 3】



【図 14】



【図 15】



【書類名】            要約書

【要約】

【課題】    ランプの劣化を確実にかつ簡便に検出することができる熱処理装置を提供する。

【解決手段】    複数のフラッシュランプ 6 9 はリフレクタ 7 1 に覆われている。リフレクタ 7 1 には、各フラッシュランプ 6 9 の直上部分に光ファイバー 2 0 が取り付けられている。フラッシュランプ 6 9 から半導体ウェハーに向けて閃光を出射するときに、光ファイバー 2 0 によって出射光の一部を導き、複数のフラッシュランプ 6 9 のそれぞれから出射される光の強度を CCD 2 5 によって計測している。そして、その計測結果に基づいてコンピュータ 1 0 が複数のフラッシュランプ 6 9 のそれぞれの発光状態を検出している。このときに、半導体ウェハーへの照射状態が所定の基準を満足するときの標準発光強度と、実際の処理時の発光強度とを比較して複数のフラッシュランプ 6 9 の発光状態を検出している。

【選択図】            図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000207551]

1. 変更年月日 1990年 8月15日

[変更理由] 新規登録

住 所 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の  
1

氏 名 大日本スクリーン製造株式会社